

**Untersuchungen der Relationen
zwischen Knochenkernentwicklung
des Handgelenkes, Zahnalter
und chronologischem Alter**

von

Barbara Weerda, geb. Wissel

aus

Berlin

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Kieferorthopädischen Abteilung
(Vorstand: Prof. Dr. Dr. med. H. Paschke)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)

Untersuchungen der Relationen zwischen Knochenkernentwicklung des Handgelenkes, Zahnalter und chronologischem Alter

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Barbara Weerda, geb. Wissel

aus

Berlin

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. E. Wetterer

Referent: Priv.Doiz.Dr. A. Fleischer-Peters

Korreferent: Professor Dr.Dr. H. Paschke

Tag der mündlichen Prüfung: 24.6.1968

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

**Untersuchung der
Relationen zwischen Knochenkernentwicklung
des Handgelenkes, Zahnalter und chronolo-
gischem Alter**

Inhaltsverzeichnis

=====

Einleitung	S.	1
Literaturübersicht	S.	2
Material und Methodik	S.	13
Definitionen und Berechnungen ...	S.	21
Ergebnisse	S.	25
Diskussion der Ergebnisse	S.	33
Zusammenfassung	S.	39
Literaturverzeichnis	S.	40

E i n l e i t u n g

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, um den Entwicklungsstand eines Kindes zu beurteilen. Neben Körpergröße, Gewicht, Entwicklung der Geschlechtsmerkmale u.a. spielen die Knochen- und die Zahnentwicklung eine große Rolle. In der Literatur werden verschiedene Auffassungen darüber vertreten, ob die Zahn- oder die Knochenentwicklung die objektivere und verlässlichere Methode in der Entwicklungsdiagnostik darstellt.

HOWARD(1926) und de COSTER(1937) führten zur Bestimmung des Entwicklungsstandes eines Kindes die Handwurzel Aufnahme in die Kieferorthopädie ein, die kombiniert mit der Bestimmung von Größe, Gewicht und Zahnentwicklungszustand(HATTEMER 1960) angewendet wird.

Über Zusammenhänge zwischen Knochen- und Zahnentwicklung ist bis heute im allgemeinen sehr wenig bekannt geworden.

In dieser Arbeit soll deshalb untersucht werden:

- 1) ob ein Zusammenhang zwischen der Knochenentwicklung, Durchbruch der bleibenden Zähne und chronologischem Alter besteht, und
- 2) wie stark dieser ist.

Literaturübersicht

Über die Beziehungen zwischen Ossifikation und chronologischem Alter gibt es eine Vielzahl von wissenschaftlichen Arbeiten.

Atlanten über die Knochenkernentwicklung des Handskeletts anhand röntgenologischer Untersuchungen wurden von SIEGERT (1935), TODD (1937), GREULICH und PYLE (1959), und SCHMID und MOLL (1960) herausgebracht.

Ein Zusammenhang zwischen Ossifikation und chronologischem Alter wird übereinstimmend von fast allen Autoren festgestellt (STETTNER 1920, CATTELL 1934, BUGYI 1958, GREULICH und PYLE 1959, SCHMID und MOLL 1960 u.a.)

Unterschiedliche Auffassungen bestehen jedoch über die geeignetsten Untersuchungsmethoden und die Auswahl des Ossifikationszentrums. ELGENMARK (1946) wertete Röntgenaufnahmen der rechten und linken oberen und unteren Extremitäten aus und sagt, es bestehe keine absolute Korrelation zwischen dem Erscheinen der verschiedenen Ossifikationszentren. Man könne deshalb nicht von einem einzigen Ossifikationszentrum auf andere schließen. Auch TODD (1937) beurteilt die Knochenentwicklung nicht allein nach Aufnahmen der Hand sondern untersucht außerdem Ellenbogen, Schulter, Knie und Hüfte.

Auf Röntgenaufnahmen der Hand und des Handgelenkes beschränkten sich PRYOR (1925), CARTER (1926), BALDWIN,

BUSBY und GARSIDE (1928), CATTELL (1934), SIEGERT (1935), FLORY (1936), PYLE, MANN und Mitarbeiter (1948), DEMISCH (1955), BUGYI (1958), SCHMID (1948, 1949), GREULICH und PYLE (1959), SCHMID und MOLL (1960). Sie halten die Knochenkernentwicklung der Hand und des Handgelenkes für einen guten Indikator der gesamten Skelettentwicklung.

Einen Unterschied der Ossifikation bei Mädchen und Knaben und damit die Notwendigkeit, die Geschlechter getrennt zu beurteilen, gibt die Mehrzahl der Autoren an (PRYOR 1925; STETTNER 1931; SIEGERT 1935; FLECKER 1942; ELGENMARK 1946; GREULICH und PYLE 1959).

SCHMID (1948) und SCHMID und MOLL (1960) vertreten indessen die Meinung, daß der Unterschied zwischen den Geschlechtern innerhalb der physiologischen Variationsbreite liege und es deshalb gerechtfertigt sei, die Ossifikation beider Geschlechter zusammen zu beurteilen.

SCHMID (1948) und HATTEMER (1959) betonen die einfache Herstelltechnik der Hand- bzw. Handwurzelaufnahmen. Ausserdem seien nur beim Handskelett die wesentlichen Voraussetzungen erfüllt, um Form und Größe von Knochen im Röntgenbild zuverlässig zu bestimmen:

- 1.) Die darzustellenden Skeletteile liegen filmnahe,
- 2.) sie sind filmparallel zu stellen,
- 3.) der Röhrenabstand kann genügend groß gewählt werden (SCHMID 1948).

Im wesentlichen kann man zwei Methoden zur Beurteilung der Knochenentwicklung unterscheiden. Bei der einen wird das erste Erscheinen der verschiedenen Knochenkerne registriert bzw. die Anzahl der vorhandenen Knochenkerne mit Sollwerten bzw. Standardbildern der genannten Röntgenatlanten verglichen. Diese Methode verwenden HELLMANN (1928), HOWARD (1928), de COSTER (1937), FLECKER (1942), ELGENMARK (1946), MANN, DREIZEN, PYLE (1948), SUTOW (1953), SALZMANN (1954), BUGYI (1958), LOW, CHAN, CHANG und LEE (1964).

Bei der anderen Methode werden außerdem die einzelnen Knochenkerne ausgemessen. Diese Methode empfehlen CARTER (1926), MUNK (1926), BALDWIN und Mitarbeiter (1928), CATTELL (1934), SCHMID und MOLL (1960).

CARTER (1926) betont, daß nach seiner Meinung zur Bestimmung des Ossifikationsgrades die Meßmethode objektiver und zuverlässiger sei, als die "inspection method".

SCHMID und MOLL (1960) führen an, daß bei der Beurteilung der Entwicklung des Handskeletts während des Säuglings- und Kleinkindesalters die Differenzierung der einzelnen Handwurzelkerne im Vordergrund stehe. Im Gegensatz dazu aber gehe im Schulalter die Beurteilung mehr von der Größen- und Formentwicklung der Knochenkerne aus.

Zwischen der Ossifikation der rechten und linken Hand sehen zahlreiche Autoren eine Übereinstimmung bzw. nur einen unwesentlichen Unterschied (BALDWIN, BUSBY und

GARSDALE 1928; PRYOR 1936; FRANCIS und WERLE 1939; SCHMID 1948; DREIZEN und Mitarbeiter 1957; GREULICH und PYLE 1959; SCHMID und MOLL 1960).

KÖHLER (1920) und ELGENMARK (1946) weisen jedoch auf vorhandene Unterschiede hin.

SCHMID und MOLL (1960) geben an, daß zur Beurteilung der Handskelettentwicklung die Aufnahme einer Hand genüge. Nachdem SONTAG und CAFFEY generell die linke Körperhälfte zur radiologischen Beurteilung der Skelettentwicklung vorgeschlagen hätten, sollte man einheitlich die linke Hand wählen.

Mit der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Durchbruch der bleibenden Zähne und chronologischem Alter beschäftigen sich zahlreiche Autoren.

Auffallend ist, daß häufig nicht angegeben wurde, welcher Zeitpunkt der Zahnentwicklung für den "Durchbruch" angenommen wurde. Das könnte auch einer der Gründe für die großen Unterschiede in den angegebenen Normwerten sein. WUORINEN (1926) konnte nämlich vom Durchschneiden des Zahnes durch das Zahnfleisch bis zur Einstellung in die Okklusion bei den einzelnen Zahntypen eine Zeitspanne von 0,20 - 1,00 Jahr angeben.

Die meisten Autoren sehen einen Zahn als durchgebrochen an, sobald ein Teil der Zahnkrone die Gingiva durchstoßen hat (SPIER 1918; HELLMANN 1943; GÖDENY 1951; LO und MOYERS 1953; ADLER 1957; NANDA 1960; LEE, LOW und CHANG 1965;

NANDA und CHAWLA 1966).

LIPPMANN (1937) sieht einen Zahn erst dann als durchgebrochen an, wenn er bereits in die Okklusionsebene eingetreten ist.

Es gibt mehrere Methoden, um den Stand der Zahnentwicklung, d.h. das Zahnalter festzulegen: Die Mehrzahl der Autoren gibt für jeden einzelnen Zahn den Mittelwert des Durchbruchsalters an (MAGITOT 1883; BROCA 1879; WELCKER 1886; RÖSE 1909; CATTELL 1928; COTTE 1935; KLEIN, PALMER und KRAMER 1937; DAHLBERG und MAUNSBACH 1948; GÖDENY 1951; STONES und Mitarbeiter 1951; BURKE und NEWELL 1958).

Eine andere Methode besteht darin, die Anzahl der in einem bestimmten Alter durchgebrochenen Zähne anzugeben (CATTELL 1928; SKALOUD 1934; DAHLBERG und MAUNSBACH 1948; GÖDENY 1951; ADLER 1958; LEE, LOW und CHANG 1965; NANDA und CHAWLA 1966).

MATIEGKA (1922) "legte zur Bestimmung des Zahnalters die Eruptionszeit der einzelnen Gruppen der bleibenden Zähne und die Zeit der Eruption der einzelnen bleibenden Zähne in jeder Gruppe zugrunde" (SKALOUD 1934). Er berechnete das Durchschnittsalter bei dem der erste, zweite, dritte und vierte bleibende Zahn in jeder Gruppe durchgebrochen ist.

SKALOUD (1934) berechnete die Korrelation zwischen chronologischem Alter und Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne mit $r = 0.788 \pm 0.087$ für die Altersgruppen 6 bis 14 Jahre (852 Knaben). Der Autor berechnete außerdem

die Korrelation zwischen chronologischem Alter und "Zahnalter", welches er nach MATIEGKAS Methode errechnete, und erhielt einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0.945 \pm 0.025$.

P. ADLER meint, daß die Methode MATIEGKAS nachteilig sei, weil sie die beachtlichen individuellen Schwankungen des Zahndurchbruchs nicht berücksichtigen könne. Nehme man dagegen die Anzahl der durchgebrochenen Zähne zur Bestimmung des dentalen Alters, so ließe sich ohne Schwierigkeit für die einzelnen Lebensjahre auch die normale Streuung angeben.

Einen zeitlichen Unterschied in der Dentition des Ober- und Unterkiefers konnten die meisten Autoren beobachten. Deshalb wurden Ober- und Unterkiefer getrennt beurteilt von RÖSE (1909); COTTE (1935); HELLMAN (1943); GÖDENY (1951); STONES und Mitarbeiter (1951); ADLER (1957) u.a.

SCHOUR und MASSLER (1941) erwähnen, daß die Zähne des Unterkiefers vor denen des Oberkiefers durchbrechen und daß bei Mädchen die Zähne im allgemeinen früher durchbrechen als bei Knaben. In ihren Tabellen über den Durchbruch der Zähne fassen sie aber Mädchen und Knaben, Ober- und Unterkiefer zusammen. Auch WELCKER (1886), MATIEGKA (1922) und SKALOUD (1934) machen keinen Unterschied zwischen den Zähnen des Ober- und Unterkiefers. Ebenso registrierten DAHLBERG und MAUNSBACH (1948) und GÖDENY (1951) in den von ihnen aufgestellten Tabellen die Zahl der durchgebrochenen Zähne von Ober- und Unterkiefer zusammen.

Die Mehrzahl der Autoren gibt für Mädchen und Knaben getrennte Normwerte an.

COTTE (1935) gibt für die Mädchen einen Vorsprung des Zahndurchbruches von durchschnittlich 3 Monaten gegenüber den Knaben an.

Über Zusammenhänge zwischen Knochenentwicklung, Zahndurchbruch und chronologischem Alter gibt es bis heute nur eine geringe Anzahl von Arbeiten.

CATTELL (1928) untersuchte in einer umfangreichen Arbeit "Dentition as a measure of maturity" unter anderem auch die Zusammenhänge zwischen Zahndurchbruch und Knochenentwicklung des Handgelenkes. Aufgrund umfangreicher Berechnungen und dem Vergleich mehrerer Methoden (BEAN, MATIEGKA) kam sie zu dem Ergebnis, daß zur Bestimmung der Reife eines Kindes durch die Dentition die Bestimmung der Gesamtzahl der durchgebrochenen Zähne, die einfachste, zeitsparendste und damit beste Methode sei.

Sie fand einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0.85$ für die Korrelation zwischen Zahnentwicklung und chronologischem Alter.

Die Korrelation zwischen Zahnalter und Knochenentwicklung gibt sie mit $r = 0.70$ für Knaben zwischen 5,6 und 11,5 Jahren an.

SUTOW und Mitarbeiter (1954) untersuchten 1360 japanische Kinder im Alter von 6 bis 14 Jahren, wobei die Altersgrup-

pen 7 und 9 Jahre nicht vertreten waren. Die Skelettentwicklung wurde anhand von Röntgenogrammen der linken Hand und des Handgelenkes berechnet. In Anlehnung an die Untersuchungen von GREULICH und PYLE wurden die verschiedenen Reifezeichen abgeschätzt. Die Röntgenaufnahmen jeder Alters- und Geschlechtsgruppe sortierte man nach zunehmender Reife. Die Aufnahmen wurden dann in zwei Gruppen geteilt (50 % Punkt), die eine Gruppe bestand aus Kindern, deren Skelettalter über dem Durchschnitt lag, die andere aus denen, die unter dem Durchschnitt lagen ("skeletal age-above average", und "skeletal age-below average").

Als Indikator für die Zahnentwicklung des Kindes wurde die Gesamtzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne verwandt. Die extrahierten Zähne wurden mitgezählt, als durchgebrochen galt jeder Zahn, der die Gingiva durchbrochen hatte.

Für jede der über oder unter dem Durchschnitt liegenden Skelettgruppe wurden die Zahnwerte errechnet.

SUTOW und Mitarbeiter fanden einen hohen signifikanten Unterschied zwischen der "skeletal above average" und der "skeletal below average" Gruppe. Die skelettmäßig über dem Durchschnitt liegende Gruppe hatte auch eine größere Anzahl von durchgebrochenen bleibenden Zähnen.

Die Autoren verglichen außerdem den Zahndurchbruch der beiden Skelettgruppen für jede Altersgruppe getrennt.

VLASIK und Mitarbeiter (1955) untersuchten 378 Jungen und 315 Mädchen im Alter von durchschnittlich 5 1/2 Jahren. Sie berechneten unter anderem auch die Korrelation zwischen der Zahl der Knochenkerne des Handgelenkes und der Zahl der bleibenden Zähne, und geben einen Korrelationskoeffizienten für Knaben von $r = + 0,16 \pm 0,07$ und für Mädchen von $r = + 0,14 \pm 0,08$ an, die aber statistisch nicht gesichert werden konnten.

Bei 60 Knaben wurden die Flächen der Knochenkerne des Handgelenkes von den Röntgenaufnahmen auf Papier abgepaust, ausgeschnitten und gewogen. Die Fläche wurde also durch das Gewicht ausgedrückt. Der Korrelationskoeffizient dieser Fläche zur Zahl der bleibenden Zähne ($r = + 0,35 \pm 0,11$) ist statistisch gesichert. Nach Meinung der Verfasser bestätigte das Ergebnis die Beziehung zwischen Ossifikation und Dentition.

BAMBHA und Mitarbeiter (1959) untersuchten 28 Knaben und 32 Mädchen. Einen Beweis für den Zusammenhang zwischen der Zeit des Zahndurchbruches und der Zeit der Skelettreife konnten die Verfasser nicht finden.

LAMONS und GRAY (1958) untersuchten 25 Knaben und 36 Mädchen im Alter von 4 bis 15 Jahren. Zur Bewertung der Knochenentwicklung wurden Röntgenaufnahmen der Hand und des Handgelenkes verwendet und nach dem Atlas von GREULICH und PYLE ausgewertet. Zur gleichen Zeit aufgenommene "full-mouth-x-ray films" wurden nach den Tabellen von SCHOUR

und MASSLER ausgewertet. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß ein Zusammenhang in der Entwicklung zwischen Zähnen und Handknochen mehr zufällig sei (Hand- und Handgelenkaufnahmen könnten zwar eine Hilfe in der kieferorthopädischen Vorhersage sein, dürften aber nicht als ein absoluter Index des Entwicklungsprozesses angesehen werden).

LEE und Mitarbeiter (1965) untersuchten die Beziehungen zwischen Zahn- und Skelettreife bei chinesischen Kindern.

Sie untersuchten 5560 Kinder im Alter zwischen 6 und 14 Jahren (2898 Knaben, 2662 Mädchen). Für jedes Kind wurde die Gesamtzahl der durchgebrochenen permanenten Zähne registriert (LEE, LOW und CHANG 1965). Als durchgebrochen galt ein Zahn, sobald er die Schleimhaut durchgebrochen hatte. Die Skelettreife wurde anhand von Röntgenaufnahmen der linken Hand und des Handgelenkes im Vergleich mit dem Atlas von GREULICH und PYLE (LOW 1964) beurteilt.

Die Verfasser konnten anhand ihres großen Untersuchungsgutes nachweisen, daß zwischen Knochenalter und Eruption der bleibenden Zähne eine positive Korrelation bestehe.

Sie erhielten für die Korrelation zwischen der Gesamtzahl der bleibenden Zähne und dem Skelettalter für alle Altersgruppen zusammen einen Koeffizienten von $r = 0,847$ für Knaben und $0,848$ für Mädchen. Die Korrelationskoeffizienten jeder einzelnen Altersgruppe waren sehr viel kleiner. Für die meisten Altersgruppen ergab sich ein r von $0,2$ bis $0,3$.

LEE und Mitarbeiter stellten fest, daß die r-Werte bei Knaben und Mädchen praktisch gleich seien.

Sie untersuchten außerdem die Beziehungen zwischen Skelettentwicklung und Zahnentwicklung nach der Methode von SUTOW und Mitarbeitern (1954) und kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Allerdings zeigten ihre Ergebnisse bei allen Altersgruppen einen sehr viel höher signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen: "more advanced - more retarded".

Mit dem Zusammenhang zwischen Knochen- und Zahnentwicklung beschäftigten sich außerdem HOTZ und Mitarbeiter (1959), LEWIS und GARN (1960) und GREEN (1961). Da diese Autoren jedoch von anderen Voraussetzungen ausgingen, da sie die Zahnentwicklung aus der Verkalkung der Zähne berechneten, seien sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Material und Methodik

Aus einer großen Anzahl von Röntgenaufnahmen des linken Handgelenkes und Panorama-Aufnahmen der Kiefer wurden folgende Aufnahmen aussortiert:

- 1.) wenn der Zeitpunkt der beiden Röntgenaufnahmen nicht übereinstimmte,
- 2.) eine der beiden Aufnahmen technisch nicht einwandfrei war,
- 3.) die Handwurzel Aufnahme Knochendeformierungen zeigte,
- 4.) wenn Zähne nicht angelegt waren.

I. Versuchsanordnung:

- 1.) Versuchspersonen waren 140 Knaben und Mädchen im Alter von 7 - 13 Jahren (davon 61 Knaben und 79 Mädchen).
- 2.) Von jedem Kind lag eine Röntgen-Panorama-Aufnahme (Orthopantomograph) vor. Die Röntgenröhre arbeitet mit einer Spannung von 76 kV bei 15 mA, die Umlaufzeit betrug 14 Sek. (beschrieben bei FLEISCHER-Peters 1963).
- 3.) Zur gleichen Zeit mit der Panorama-Aufnahme wurde von jedem Kind eine Handwurzel Aufnahme der linken Hand genommen (Tridoros 4).
Die Aufnahme-Technik entspricht der im Atlas von SCHMID und MOLL (1960) S. 11 angegebenen.

II. Auswertung

A. Handwurzel Aufnahmen:

- 1.) Das Alter der Versuchspersonen wurde in Dezimalwerte umgerechnet.

- 2.) An den Handwurzelaufnahmen der linken Hand wurden zehn Knochenkerne: os capitatum, os hamatum, Radius-Epiphyse, os triquetrum, Daumen-Epiphyse, os lunatum, os multangulum majus, os multangulum minus, os naviculare und die Ulna-Epiphyse nach der von SCHMID und MOLL (1960) angegebenen Methode ausgemessen.

Das os pisiforme wurde wegen der Schwierigkeit des Ausmessens (Überlagerung durch das os triquetrum) und der damit verbundenen Ungenauigkeit nicht mitbewertet (CATTELL 1934).

- 3.) Es wurde die Summe K von Höhen und Breiten aller zehn Knochenkerne jeder Versuchsperson gebildet (Tab. I und II). Diese Summe wurde als Maß für die Knochenkernentwicklung verwendet (modifiziert nach SCHMID und MOLL (1960) S. 11).

B. Röntgen-Panorama-Aufnahmen der Kiefer:

- 1.) Da es sich um dieselben Versuchspersonen handelt, die Aufnahmen gleichzeitig hergestellt wurden, sind die Altersangaben die gleichen wie unter A 1. (Tab. I und II).
- 2.) Bei jedem Patienten wurde die Summe Z aller durch das Zahnfleisch durchgebrochenen Zähne von Ober- und Unterkiefer gebildet.
- Extrahierte Zähne wurden als vorhanden mitgezählt.
- 3.) Die Summe Z wurde der Summe der Knochenkerne der jeweiligen Versuchsperson zugeordnet (Tab. I und II).

Tabelle I

Probanden oberhalb der Regressionsgeraden

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
1	6,67	195	13
2	7,18	233	13
3	7,59	186	12
4	7,97	209	12
5	8,01	225	13
6	8,03	200	10
7	8,08	223	11
8	8,14	199	10
9	8,25	205	11
10	8,29	197	15
11	8,39	221	14
12	8,48	210	8
13	8,48	201	12
14	8,53	210	14
15	8,60	220	14
16	8,61	207	12
17	8,62	214	8
18	8,68	208	10
19	8,81	210	12
20	8,96	213	10
21	9,04	234	14
22	9,06	241	13
23	9,07	210	19
24	9,10	234	12
25	9,25	220	14
26	9,36	229	18
27	9,38	236	15
28	9,39	235	9
29	9,49	240	15

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
30	9,50	224	6
31	9,51	229	15
32	9,75	233	14
33	9,80	238	16
34	10,01	243	14
35	10,09	233	13
36	10,16	252	14
37	10,20	235	12
38	10,23	280	19
39	10,24	263	23
40	10,37	262	19
41	10,39	243	20
42	10,40	259	15
43	10,41	268	12
44	10,48	287	21
45	10,50	263	22
46	10,52	261	25
47	10,59	252	26
48	10,73	249	19
49	10,76	251	15
50	10,82	254	17
51	10,87	266	12
52	11,08	247	28
53	11,09	280	21
54	11,10	253	26
55	11,11	250	16
56	11,12	294	23
57	11,18	285	21
58	11,31	281	15
59	11,32	252	23
60	11,49	260	20

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
61	11,62	271	27
62	11,82	287	28
63	11,83	275	23
64	11,85	276	18
65	12,09	276	26
66	12,09	273	27
67	12,20	280	21
68	12,40	284	19
69	12,43	277	27
70	12,97	314	26

Tabelle II

Probanden unterhalb der Regressionsgeraden

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
1	7,27	175	9
2	7,33	134	9
3	7,36	168	9
4	7,77	174	12
5	7,78	174	11
6	7,81	177	10
7	7,86	177	10
8	7,92	163	11
9	7,93	131	12
10	8,08	170	11
11	8,12	149	12
12	8,28	183	10
13	8,30	187	12
14	8,34	183	13
15	8,38	195	12
16	8,39	195	10
17	8,51	179	12
18	8,53	171	10
19	8,64	156	12
20	8,71	195	10
21	8,78	131	13
22	8,79	201	19
23	8,79	200	12
24	8,81	179	10
25	8,88	198	14
26	9,04	173	10
27	9,10	205	13
28	9,14	197	17
29	9,17	179	12
30	9,25	208	13

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
31	9,29	208	13
32	9,29	169	12
33	9,67	218	24
34	9,70	211	19
35	9,70	208	12
36	9,78	214	20
37	9,93	222	20
38	10,14	210	10
39	10,19	203	21
40	10,24	225	22
41	10,24	206	12
42	10,35	226	25
43	10,39	174	13
44	10,51	231	16
45	10,64	219	16
46	10,68	233	15
47	10,75	203	20
48	10,75	226	12
49	10,78	231	12
50	10,88	239	27
51	10,96	238	24
52	11,03	236	28
53	11,19	236	23
54	11,37	235	20
55	11,55	232	28
56	11,64	246	19
57	11,67	224	14
58	11,69	230	23
59	11,82	256	17
60	11,95	217	14

Nr.	Alter (A)	Knochen (K) in mm	Anzahl der Zähne (Z)
61	12,13	256	26
62	12,27	256	24
63	12,30	262	20
64	12,33	242	25
65	12,43	240	20
66	12,51	244	19
67	12,54	267	27
68	12,81	252	22
69	13,24	263	18
70	13,35	272	28

Definitionen und Berechnungen

Es sei A das chronologische, d.h. das tatsächliche Alter in Jahren, K die Summe aus Höhen und Breiten aller zehn Knochenkerne der linken Handwurzel in mm, Z die Anzahl der durchgebrochenen, bleibenden Zähne.

Als physiologisches Alter bezeichnen wir das der Knochenentwicklung und der Anzahl der durchgebrochenen, bleibenden Zähne entsprechende Alter.

Im Mathematischen Institut der Universität Erlangen-Nürnberg wurden auf einem Computer Zuse Z 23 nach einem vorliegendem Programm mit den Zahlen aus Tabelle I und II folgende Zusammenhänge errechnet:

I. Untersuchungen über die Zusammenhänge der drei Variablen chronologisches Alter (A), Knochenkernentwicklung (K) und Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne (Z)

$Z = f(A, K)$ für 140 Probanden:

$$I. Z = 2.18597 A + 0.03160 K - 12.43597 \quad (\text{Abb. 1})$$
$$(6,76 \leq A \leq 13,35; 131 \leq K \leq 314)$$

Der Korrelationskoeffizient $r = 0.75$ ist mit $p < 0.01$ statistisch gesichert.

Für die Durchschnittsgerade in Abb. I (gestrichelte Linie) wurde das Alter von 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 Jahren in Formel II a eingesetzt und für die

so errechnete, durchschnittliche Knochenkerngröße die Anzahl der Zähne aus Formel I. errechnet und eingezeichnet.

- II. Untersuchungen über die Zusammenhänge der zwei Variablen Alter (A) und Knochenkernentwicklung (K).

$$\underline{K = f(A)} \quad \text{für 140 Probanden:}$$

Nimmt man einen linearen Zusammenhang an, so erhält man als Regressionsgerade

$$\text{II.a } K = 18,43 A + 41,84 \quad (\text{Abb. 2})$$
$$(6,76 \leq A \leq 13,35)$$

Der Korrelationskoeffizient $r = 0,77$ ist mit $p < 0,01$ statistisch gesichert.

- III. Untersuchungen über die Zusammenhänge der zwei Variablen chronologisches Alter (A) und Anzahl der Zähne (Z).

$$\underline{Z = f(A)} \quad \text{für 140 Probanden:}$$

Nimmt man einen linearen Zusammenhang an, so erhält man als Regressionsgerade

$$\text{III.a } Z = 2,77 A - 11,11 \quad (\text{Abb. 3})$$
$$(6,76 \leq A \leq 13,35)$$

Der Korrelationskoeffizient $r = 0,74$ ist mit $p < 0,01$ statistisch gesichert.

- IV. Aufgrund des Zusammenhanges $K = f(A)$ (Formel IIa) teilten wir die Menge aller Probanden ein in:
- b. Probanden, mit für das Alter überdurchschnitt-

licher Knochenkernentwicklung, insgesamt 70 Probanden (Tab. I, Abb. 2, b-Gerade) und errechneten die Regressionsgerade:

$$\text{II.b } K = 18,34 A + 60,84 \\ (6,76 \leq A \leq 12,97)$$

- c. Probanden mit für das Alter unterdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung, insgesamt 70 Probanden (Tab. II, Abb. 2, c-Gerade) und errechneten die Regressionsgerade:

$$\text{II.c } K = 18,47 A + 23,35 \\ (7,27 \leq A \leq 13,35)$$

Die Geraden b und c (Abb. 2) sind statistisch signifikant verschieden ($p < 0,05$).

Für die 70 Probanden mit überdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung (Tab. I) errechneten wir den Zusammenhang $Z = f(A)$ und erhalten die Regressionsgerade:

$$\text{III.b } Z = 2,99 A - 13,07 \\ (6,76 \leq A \leq 12,97)$$

Desgleichen wurde der Zusammenhang $Z = f(A)$ für die 70 Probanden mit unterdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung errechnet:

$$\text{III.c } Z = 2,60 A - 9,72 \\ (7,27 \leq A \leq 13,35)$$

Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen III.b und III.c nachgewiesen werden.

V. Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Knochen-
kernentwicklung K und Anzahl der bleibenden Zähne Z:

$$\underline{Z = f(K)} \quad \text{für 140 Probanden:}$$

Nimmt man einen linearen Zusammenhang an, so erhält man
als Regressionsgerade:

$$\text{IV. a } Z = 0,10 K - 6,67$$
$$(131 \leq K \leq 314)$$

Der Korrelationskoeffizient $r = 0,66$ ist mit $p = 0,01$
statistisch gesichert.

VI. Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Knochen-
kernentwicklung K und Anzahl der bleibenden Zähne Z
für jede Altersgruppe:

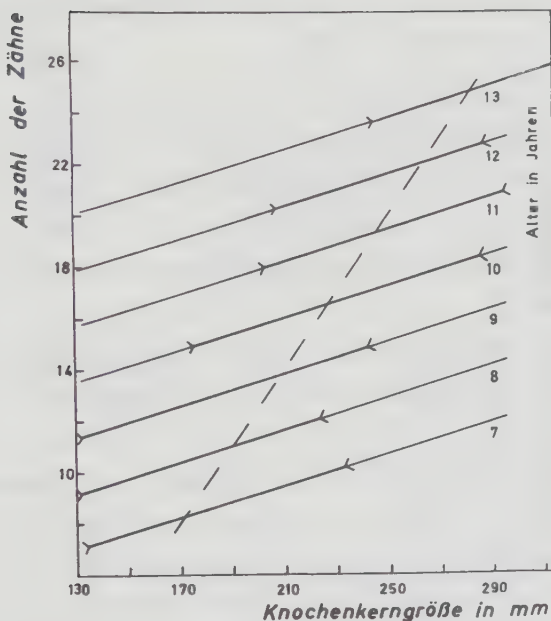
$$\underline{Z = f(K)}$$

Tabelle III

Alter (A)	Korrelationskoeffizient (r)
7	0,826
8	0,062
9	0,224
10	0,179
11	0,127
12	0,410
13	0,555

Keiner der Korrelationskoeffizienten konnte statistisch
gesichert werden.

Ergebnisse



I. Abb. 1: Zusammenhang zwischen Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne (Z) und der Knochenkernentwicklung für das Alter von 7 bis 13 Jahren,
 >—< gemessener Bereich,
 - - - - - durchschnittliche Knochenkerngrößen und Zahnzahl für das Alter 7 bis 13 Jahre.

In Abb. 1 ist der Zusammenhang zwischen Knochenkerngröße K (Abszisse) und Anzahl der durchgebrochenen Zähne Z (Ordinate) für das Alter A von 7 bis 13 Jahren (Parameter)

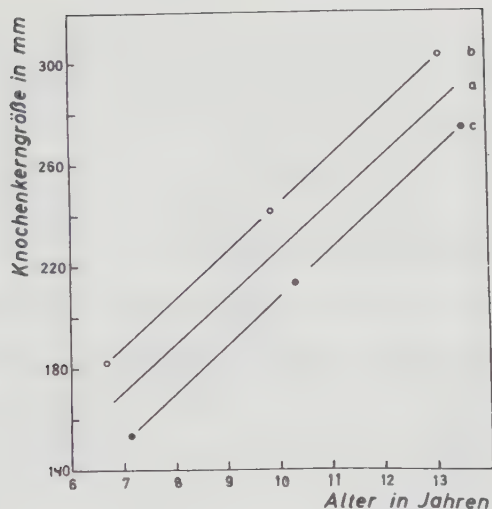
dargestellt. Bei der Berechnung des Zusammenhanges zwischen chronologischem Alter, Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch erhielten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,75$ bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit weit unter 1 % ($p < 0,01$).

Wir ersehen aus der Abb. 1 (Formel I):

- 1.) Probanden derselben Altersgruppe mit einer größeren Knochenkernentwicklung haben eine größere Anzahl von Zähnen und umgekehrt finden wir bei einer geringeren Knochenkernentwicklung eine geringere Anzahl von Zähnen.
- 2.) Wir finden bei Probanden gleicher Knochenkernentwicklung mit zunehmendem Alter eine zunehmende Anzahl von Zähnen.
- 3.) Probanden haben mit zunehmendem Alter durchschnittlich eine größere Knochenkernentwicklung und auch eine größere Anzahl von Zähnen als Probanden mit niedrigerem Alter.
- 4.) Durch Umstellung der Formel I in:

$$A = \frac{Z - 0,03160 K + 12,43597}{2,18597}$$

läßt sich für jeden Probanden bei bekannter Knochenkerngröße und bekannter Anzahl der durchgebrochenen, bleibenden Zähne das physiologische Alter errechnen. Das physiologische Alter kann auch aus der Abb. 1 beurteilt werden.



II. Abb. 2: Zusammenhang zwischen Knochenkernentwicklung
K und dem chronologischen Alter A.

Gerade a: Durchschnittsgerade

Gerade b: Probanden mit über dem Durchschnitt
liegender Knochenkernentwicklung

Gerade c: Probanden mit unter dem Durchschnitt
liegender Knochenkernentwicklung

In der Abb. 2 ist der Zusammenhang zwischen chronologischem Alter A (Abszisse) und Knochenkerngröße K (Ordinate) dargestellt. Die Gerade a (durchgezogene Linie) zeigt uns die

aus unserem gesamten Probandengut gefundene Durchschnittsgerade.

Die Gerade b (gestrichelte Linie, leere Kreise) stellt die Gerade für die Probanden dar, die eine für ihr Alter überdurchschnittliche Knochenkernentwicklung zeigen.

Die Gerade c (gestrichelte Linie, volle Kreise) ist die Gerade für die Probanden, die eine für ihr Alter unterdurchschnittliche Knochenkernentwicklung zeigen.

Die Geraden b und c sind signifikant verschieden.

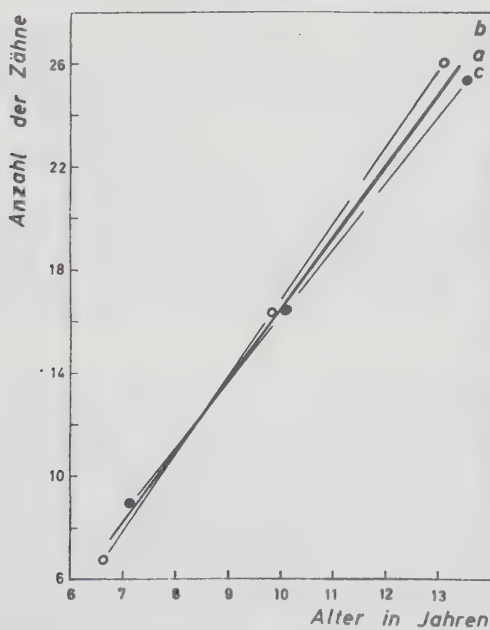
Bei der Berechnung des Zusammenhanges zwischen Knochenkernentwicklung und chronologischem Alter für alle Probanden (Gerade a, durchgezogene Linie) erhielten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,77$ bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von weit unter 1 % ($p < 0.01$).

Es besteht also ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Knochenkernentwicklung und chronologischem Alter. Mit zunehmendem Alter muß ein linearer Anstieg der Knochenkernsumme erwartet werden. Umgekehrt kann gesagt werden, daß bei einer geringeren Knochenkernentwicklung auch ein geringeres Alter erwartet werden kann.

Wir fanden für das Alter 7 bis 13 Jahre folgende durchschnittliche Knochenkernsummen:

Tabelle IV

Alter in Jahren	Knochenkernsumme in mm
7	170,85
8	189,28
9	207,71
10	226,14
11	244,57
12	263,00
13	281,43



III. Abb. 3: Zusammenhang zwischen Anzahl der durchgebrochenen Zähne Z und chronologischem Alter A.

Gerade a: Durchschnittsgerade

Gerade b: Probanden mit über dem Durchschnitt liegender Knochenkernentwicklung

Gerade c: Probanden mit unter dem Durchschnitt liegender Knochenkernentwicklung.

In der Abb. 3 ist der Zusammenhang zwischen chronologischem Alter A (Abszisse) in Jahren und Zahndurchbruch Z in Anzahl der Zähne (Ordinate) dargestellt.

Die Gerade a (durchgezogene Linie) zeigt uns die aus unserem Probandengut gefundene Durchschnittsgerade.

Die Gerade b (gestrichelte Linie, leere Kreise) zeigt die Gerade für die Probandengruppe, die wir aufgrund der Knochenkernentwicklung als über dem Durchschnitt liegende Gruppe bezeichneten.

Die Gerade c (gestrichelte Linie, volle Kreise) ist die Gerade für die Probandengruppe, die wir aufgrund der Knochenwerte als unter dem Durchschnitt liegende Gruppe bezeichneten.

Bei der Berechnung des Zusammenhanges zwischen Zahndurchbruch und chronologischem Alter erhielten wir für die Durchschnittsgerade a einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0.74$ bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von weit unter 1 % ($p < 0.01$). Es besteht also ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Anzahl der bleibenden Zähne und dem chronologischen Alter. Mit zunehmendem Alter muß ein linearer Anstieg der Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne erwartet werden. Umgekehrt kann gesagt werden, daß bei einer geringeren Anzahl der durchgebrochenen

Zähne auch ein geringeres Alter erwartet werden kann.

Wir fanden für das Alter 7 bis 13 Jahre folgende durchschnittliche Zahndurchbruchswerte:

Tabelle V

Alter (A) in Jahren	Anzahl der durchgebrochenen Zähne (Z)
7	8,28
8	11,05
9	13,82
10	16,59
11	19,36
12	22,13
13	24,90

Während die Gerade 3 b die Gerade 3 a im Alter von 8,91 Jahren schneidet, um bei zunehmendem Alter oberhalb 3 a zu divergieren, schneidet die Gerade 3 c die Gerade 3 a bei 8,18 Jahren bei Divergenz mit zunehmendem Alter unterhalb 3 a. Der Schnittpunkt der Geraden b und c liegt bei 8,59 Jahren.

Im unteren Bereich liegt die Gerade c oberhalb der Geraden a und b, ab 8,91 Jahre liegen die Geraden a, b und c in dem erwarteten Verhältnis zueinander (Gerade b oberhalb a, Gerade c unterhalb a). Wir finden erst mit zunehmendem Alter und zunehmender Anzahl von Zähnen eine deutliche Divergenz der drei Geraden, d.h. also einen deutlichen Unterschied zwischen den Gruppen mit durchschnitt-

licher, überdurchschnittlicher und unterdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung.

Obwohl die Gerade b im oberen Bereich über der Geraden c liegt, ließ sich kein statistisch signifikanter Unterschied der beiden Geraden nachweisen.

IV. Bei der Berechnung des Zusammenhanges zwischen Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch, $Z = f(K)$, erhielten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,66$ bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit weit unter 1 % ($p < 0,01$). Es besteht ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Knochenkernentwicklung des Handgelenkes und dem Durchbruch der bleibenden Zähne: Mit zunehmender Knochenkernsumme nimmt auch die Gesamtzahl der bleibenden Zähne zu und umgekehrt finden wir bei einer geringeren Knochenkernsumme eine geringere Anzahl durchgebrochener Zähne.

Diskussion der Ergebnisse

In dieser Arbeit sollte versucht werden, die Zusammenhänge zwischen chronologischem Alter, Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch bei 140 männlichen und weiblichen Probanden der kieferorthopädischen Abteilung im Alter von 7 bis 13 Jahren aufzuzeigen. Dabei wurden die Werte für Knaben und Mädchen zusammen beurteilt, während in den vorher angegebenen Arbeiten Knaben und Mädchen z.T. getrennt beurteilt wurden (CATTELL 1928, SUTOW und Mitarbeiter 1954, VLASIK 1955, LAMONS und GRAY 1958, LEE und Mitarbeiter 1965).

Für unsere Art der Fragestellung genügte eine gemeinsame Beurteilung. LEE und Mitarbeiter (1965) stellten in Versuchen an 2898 Knaben und 2662 Mädchen fest, daß die Beziehungen zwischen Knochenentwicklung und Zahndurchbruch bei Mädchen und Knaben praktisch gleich sind. SUTOW und Mitarbeiter (1954) fanden bei Mädchen eine größere Anzahl von Zähnen als bei Knaben entsprechenden Alters.

Zur Beurteilung der Knochenkernentwicklung hielten wir uns an die von uns modifizierte Methode nach SCHMID und MOLL, da so eine sicher meßbare Größe für die Knochenkernentwicklung angegeben werden konnte. Andere Autoren (SUTOW 1954; BAMBHA; LAMONS und GRAY; LEE 1965) benutzten die Methode nach GREULICH und PYLE.

- I. Der Zusammenhang zwischen den drei Variablen - chronologisches Alter, Knochenkernentwicklung und Durchbruch der bleibenden Zähne - konnte statistisch gesichert werden. ($r = 0,75$; $p < 0.01$).

Diese Art der Untersuchung ist in der Literatur nicht beschrieben, wir können deswegen unsere Ergebnisse nicht mit anderen Autoren vergleichen.

Aus der Abb. 1 können wir die durchschnittlich erwartete Anzahl der bleibenden, durchgebrochenen Zähne und die erwartete Knochenkernentwicklung (Knochenkerngröße) bei einem bestimmten Alter ablesen.

Anhand der Knochenkernentwicklung und dem chronologischen Alter läßt sich die Anzahl der zu erwartenden, durchgebrochenen, bleibenden Zähne ablesen.

Weiter läßt sich anhand der Knochenkernentwicklung und der Zahl der tatsächlich vorhandenen Zähne das physiologische Alter und damit der Entwicklungsstand des Kindes mit ziemlicher Sicherheit beurteilen.

Wir sind uns darüber im klaren, daß die Zahl von 140 Probanden nicht ausreicht, um aus den gefundenen Ergebnissen eine Normtabelle oder eine graphische Darstellung zur Verwendung in der Klinik aufzustellen. Wir haben deshalb auch auf die Angabe von σ -Grenzen verzichtet. Es soll aber auf die Möglichkeit hingewiesen werden, daß bei Untersuchungen an einer genügend hohen Anzahl von Probanden und getrennter Beurteilung von Mädchen und Knaben, eine brauchbare graphische Darstellung in Form

der Abb. 1 zur Verwendung in der Klinik für die oben genannten Fragestellungen ermittelt werden kann.

Zur Beurteilung des physiologischen Alters eines Kindes wurden u.a. entweder die Knochenentwicklung (SCHMID und MOLL u.a.) oder die Zahnentwicklung (SKALOUD u.a.) herangezogen. Wir glauben, daß die Verwendung von Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch zusammen eine genauere Beurteilung zuläßt.

- II. Wir untersuchten unser Probandengut außerdem noch auf die Zusammenhänge zwischen Knochenkernentwicklung und chronologischem Alter, Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch und Zahndurchbruch und chronologischem Alter.

Der erwartete Zusammenhang zwischen Knochenkernentwicklung und chronologischem Alter ($r = 0.77$; $p < 0.01$) konnte statistisch gesichert werden. Die Berechnung dieses Zusammenhanges errechneten wir:

- 1.) zur Darstellung der Abb. 1,
- 2.) zur Einteilung in Gruppen mit über- und unterdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung.

Für den Zusammenhang zwischen Zahndurchbruch und chronologischem Alter ermittelten wir einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,74$, SKALOUD erhielt für den gleichen Zusammenhang einen Koeffizienten von $r = 0,78$.

Der erwartete Zusammenhang zwischen Knochenkernentwicklung und Zahndurchbruch ($r = 0,66$) konnte statistisch gesichert werden ($p < 0.01$).

CATTELL (1928) fand bei 500 männlichen Probanden im Alter zwischen 5,6 und 11,5 Jahren einen Zusammenhang von $r = 0,70$ ($p < 0.01$).

LAMONS und GRAY (1958) dagegen haben bei Untersuchungen an 61 Kindern zwischen 4 und 15 Jahren nur in 60 % der Fälle einen Zusammenhang gefunden, den sie nicht näher in Zahlen ausdrücken und als mehr zufällig bezeichnen.

BAMBHA und Mitarbeiter (1959) untersuchten den Zusammenhang an 60 Kindern zwischen 3 und 16 Jahren und fanden keinen Beweis für einen Zusammenhang zwischen der Zeit des Zahndurchbruches und der Knochenentwicklung. Für die Ergebnisse von LAMONS und Mitarbeiter und BAMBHA und Mitarbeiter muß wohl die geringe Anzahl von Probanden verantwortlich gemacht werden.

In der neueren Literatur ragen besonders zwei Arbeiten heraus, die allerdings aus dem asiatischen Raum stammen, die Arbeiten von SUTOW und Mitarbeitern (1954) und LEE und Mitarbeitern (1965). Beide Autorengruppen untersuchten ein großes Probandengut.

LEE und Mitarbeiter (1965) fanden bei 2898 Knaben (6 - 14 Jahre) einen Zusammenhang zwischen Knochenentwicklung und Zahndurchbruch von $r = 0.847$, und bei 2662 Mädchen (6 - 14 Jahre) einen Zusammenhang von $r = 0.848$

und konnten diese Ergebnisse statistisch sichern ($p < 0.01$).

Auf Grund des großen Probandengutes konnten sie die Korrelationskoeffizienten für jede Altersgruppe (Tab. III) statistisch sichern.

Es zeigt sich besonders in der Arbeit von LEE und Mitarbeitern (1965), daß bei einer größeren Anzahl von Probanden eine größere Korrelation zwischen Zahndurchbruch und Knochenkernentwicklung zu vermuten ist, als sie bei uns an 140 Probanden mit 0.66 zu errechnen war.

Bei den Untersuchungen nach der Methode, wie sie SUTOW und Mitarbeiter (1954) und auch LEE und Mitarbeiter (1965) angeben, und die von uns geringfügig modifiziert wurde, kommen wir zu ähnlichen Ergebnissen wie diese beiden Autorengruppen ($Z = f(A)$; Abb. 3).

Wir bildeten nach einem ähnlichen Prinzip zwei Gruppen, eine Gruppe von 70 Probanden, die nach der Knochenentwicklung über dem Durchschnitt liegt und eine Gruppe von 70 Probanden, die nach der Knochenentwicklung unter dem Durchschnitt liegt und verglichen die Anzahl der durchgebrochenen Zähne dieser beiden Gruppen.

Wir konnten keinen statistisch gesicherten Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen nachweisen, man sieht aber, daß die Tendenz besteht, daß Probanden mit überdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung auch überdurchschnittlich viele Zähne haben und umgekehrt Probanden mit unterdurchschnittlicher Knochenkernentwicklung weniger Zähne haben.

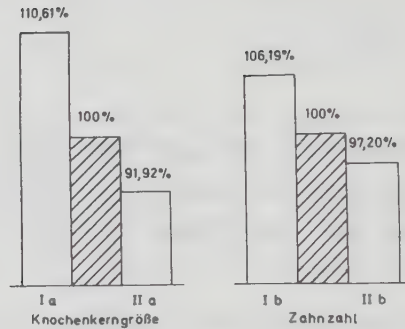


Abb. 4:

Prozentuale Verteilung der Knochenkernsummen (a) und der entsprechenden Zahl der durchgebrochenen Zähne (b) für alle Altersgruppen unserer Probanden, die nach der Knochenentwicklung oberhalb (I) und unterhalb (II) des Durchschnitts liegen (schraffierte Säule, gleich 100 %).

Die durchschnittliche Knochenkernsumme und die ihr entsprechende Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne wurden gleich 100 % gesetzt. Man sieht, daß bei einer über dem Durchschnitt liegenden Knochenkernentwicklung auch eine prozentual größere Anzahl von durchgebrochenen Zähnen (über 100 %) und umgekehrt bei einer unter dem Durchschnitt liegenden Knochenkernentwicklung auch eine geringere Zahnzahl (unter 100 %) vorliegt.

Zusammenfassung

- 1.) Es wurden von 140 Knaben und Mädchen im Alter von 7 bis 13 Jahren aus der kieferorthopädischen Abteilung der Universitäts-Kieferklinik Erlangen die Höhen und Breiten von 10 Knochenkernen des linken Handgelenkes ausgemessen und ihre Größe als Maß für die Knochenentwicklung gewertet. Außerdem wurden bei denselben Probanden die Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne registriert.
- 2.) Es wurde ein statistisch gesicherter Zusammenhang gefunden zwischen der Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne und dem chronologischen Alter, zwischen der Knochenentwicklung und dem chronologischen Alter, zwischen der Knochenentwicklung und der Anzahl der bleibenden Zähne sowie zwischen dem chronologischen Alter, der Knochenentwicklung und der Anzahl der durchgebrochenen bleibenden Zähne.
- 3.) Es wurde festgestellt, daß Probanden mit weiter fortgeschrittener Knochenkernentwicklung auch eine größere Anzahl von durchgebrochenen bleibenden Zähnen zu erwarten haben, als Probanden mit weniger weit fortgeschrittener Knochenkernentwicklung.
- 4.) Die Ergebnisse wurden einer kritischen Beurteilung unterzogen.

Literaturverzeichnis

- 1.) ADLER, P. and E. GÖDENY: Studies on the eruption of permanent teeth.
II. The sequence of eruption
Acta Genet. et Statist.Med. 3, 30 (1952)
- 2.) ADLER, P.: Korrigierte Tabellen zur Bestimmung des dentalen Alters nach dem Verfahren von Matiegka.
Dt.Z.M.K. 27, 190 (1957)
- 3.) ADLER, P.: Die Zahl der bleibenden Zähne in den einzelnen Lebensjahren während der Wechselgebissperiode.
Dt.Zahnärztl.Z. 18, 13. Jhrg. (1958)
- 4.) BALDWIN, B.T., L.M. BUSBY and H.V. GARSIDE:
Anatomic growth of children. Study of some bones of hand, wrist and lower forearm by means of roentgenograms.
Univ.Iowa Studies in Child Welfare, Iowa City 4, 1928
- 5.) BAMBHA, K.J. and P.van NATTA: A longitudinal study of occlusion and tooth eruption in relation to skeletal maturation.
Amer.J.Orthodontics 45, 847 (1959)
- 6.) BROCA, P.: Bull.d'Anthropologie (1879) (zitiert nach GÖDENY)
- 7.) BUGYI, B.: Über die Entwicklung der Handwurzelknochenkerne bei gesunden Schulkindern.
Kinderärztl.Prax. 26, 218 (1958)
- 8.) BURKE, P.H. and D.J. NEWELL: A photographic method of measuring eruption of certain human teeth.
Amer.J.Orthodontics 44, 590 (1958)

- 9.) CARTER, Th.M.: Technique and devices used in radiographic study of the wrist bones of children.
J.educat.psych. 17, 237 (1926)
- 10.) CATTELL, P.: Dentition as a measure of maturity
Harvard Monogr.Educ. No. 9, Cambridge; Harvard Univ.Press 99 pp. (1928)
- 11.) CATTELL, P.: Preliminary report on the measurement of ossification of the hand and wrist.
Hum.Biol. 6, 454 (1934)
- 12.) COSTER, de L.: Die Röntgenaufnahme des Handgelenkes in der kieferorthopädischen Diagnostik.
Dt.Zahn-, Mund-Kieferheilk. 4, 683 (1937)
- 13.) COSTER, de L.: La radiographie du poignet dans le diagnostic des malformations dento-faciales
XII Journées Dentaires de Paris: 21 an 24 novembre (1935)
- 14.) COTTE, F.W.: Über die Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne bei Schulkindern in einem Gebiet südlich des Harzes.
Diss.Göttingen 1935
- 15.) DAHLBERG, G. and A.B. MAUNSBACH: The eruption of the permanent teeth in the normal population of Sweden.
Acta Gen.Stat.Med. 1, 77 (1948)
- 16.) DEMISCH, A.jr.: Das Röntgenbild der Hand in der Kinderzahnheilkunde.
Schweiz.Mschr.Zahnkd. 65, H.10, 1027 (1955)
- 17.) DOCUMENTA GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen.
Basel 1955
- 18.) DREIZEN, S., R.M. SNODGRASSE, H. WEBB-PEPLOE, G.S. PARKER and T.D. SPIES: Bilateral symmetry of skeletal maturation in the human hand and wrist.
Amer.Medical Association J.of Diseases of Children 93, 122 (1957)

- 19.) ELGENMARK, O.: The normal development of the ossific centers during infancy and childhood.
Acta paediat. 33, 1 (1946)
- 20.) FLECKER, H.: Time of appearance and fusion of ossification centers as observed by roentgenographic methods.
Amer.J.Roentgenol.and Radium Therapy 47, 97 (1942)
- 21.) FLEISCHER-PETERS, A.: Die Anwendung von Röntgenübersichtsaufnahmen in der Kieferorthopädie.
Fortschr.Kieferorthop.24, H.2, 150 (1963)
- 22.) FLORY, Ch.D.: Osseous development in the hand as an index of skeletal development.
Mon.Soc.Res.in child develop. 1, (1936)
- 23.) FRANCIS, C.C. and P.B. WERLE: Appearance of centers of ossification from birth to 5 years.
Amer.J.Phys.Anthropol. 24, 273 (1939)
- 24.) GÖDENY, E.: Studies on the eruption of the permanent teeth. I. The age of the eruption of the different teeth in the normal school population in Hungary.
Acta genet., Basel, 2, 331 (1951)
- 25.) GREEN, L.J.: The interrelationships among height, weight, and chronological, dental and skeletal age.
Angle Orthodont. 31, H.3, 189 (1961)
- 26.) GREULICH, W.W. and S.I. PYLE: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.
Second edition.Stanford, Calif.: University Press 1959
- 27.) HATTEMER, W.N.: Welche Möglichkeiten bietet die Handwurzelaufnahme für die jugendzahnärztliche und kieferorthopädische Diagnostik.
Zahnärztl.Welt/Reform, 21, 643 (1959)

- 28.) HATTEMER, W.N.: Die physische und psychische Entwicklung des Kindes im Rahmen der Kieferorthopädie. Fortschr.Kieferorthop. 21, H.4, 462 (1960)
- 29.) HAUSSER: Ätiologie und Genese der Gebißanomalien Fortschr.Kieferorthop. 15, H. 1, 102 (1954)
- 30.) HELLMAN, M.: Ossification of Epiphyseal Cartilages in the Hand. Amer.J.Phys.Anthrop. 11, 223 (1928)
- 31.) HELLMAN, M.: The phase of development concerned with erupting the permanent teeth. Amer.J.Orthodont. 29, 507 (1943)
- 32.) HOTZ, R., G. BOULANGER and H. WEISSHAUPT: Calcification Time of Permanent Teeth in Relation to Chronological and Skeletal Age in Children. Helv.Odont.Acta, 3, 4 (1959)
- 33.) HOWARD, C.C.: A study of jaw and arch development considered with the normal skeleton. Int.J.Orthodontia 12, 1 (1926)
- 34.) HOWARD, C.C.: The physiologic progress of the bone centers of the hands of normal children between the ages of five and sixteen inclusive; also a comparative study of both retarded and accelerated hand growth in children whose general skeletal growth is similarly affected. Int.J.Orthodontia 14, 948 (1928)
- 35.) KLEIN, M., C.E. PALMER and M. KRAMER: Studies on dental caries. II. The use of the normal probability curve for expressing the age distribution of eruption of the permanent teeth. Growth 1, 386 (1938)
- 36.) KÖHLER, A.: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild. Third Edition, L.Gräfe and Sillem, Hamburg 1920

- 37.) LAMONS, F. and S.W. GRAY: A study of the relationship between tooth eruption age, skeletal development age, and chronological age in sixty-one Atlanta children.
Amer.J.Orthodontics 44, 687 (1958)
- 38.) LEE, M., S.T. CHAN, W.D. LOW and K.S.F. CHANG:
The relationship between dental and skeletal maturation in chinese children.
Arch.Oral Biol. 10, H.6, 883 (1965)
- 39.) LEE, M., W.D. LOW and K.S.F. CHANG: Eruption of the permanent dentition of Southern Chinese children in Hong Kong.
Arch. Oral Biol. 10, 849 (1965)
- 40.) LEWIS, A.B. and S.M. GARN: The relationship between tooth formation and other maturational factors.
Angle Orthodont. 30, 70 (1960)
- 41.) LIPPMANN, H.: Die Durchbruchzeiten der bleibenden Zähne nach Alter und Geschlecht unter Berücksichtigung der Umwelteinflüsse.
Diss.Göttingen 1937
- 42.) Lo, R.I. and R.E. MOYERS: Studies in the etiology and prevention of malocclusion. I. The sequence of eruption of the permanent dentition.
Amer.J.Orthodont. 39, 460 (1953)
- 43.) LOW, W.D., S.T. CHAN, K.S.F. CHANG and M. LEE:
Skeletal maturation of Southern Chinese children in Hong Kong.
Child Develop. 35, 1313 (1964)
- 44.) MAGITOT, E.: J.Anat. et Physiol. 19, 59 (1883)
(zitiert nach GÖDENY)
- 45.) MANN, A., DREIZEN, S., PYLE, I. and SPIES, T.:
The red graph and the Wetzell grid as methods of determining the symmetry of status and progress during growth.
J.Pediat. 32, 137 (1948)

- 46.) MATIEGKA, J.: L'age dentaire comme signe du developpement total.
Rev.anthrop. 31, 258 (1921) (zitiert nach ADLER)
- 47.) MUNK: Die Kerngrößen der Handwurzelknochen und des distalen Unterarmabschnittes bei normalwüchsigen Kindern von der Geburt bis zur Pubertät.
Arch.Kinderhkd. 80/81, 185 (1927)
- 48.) NANDA, R.S.: Eruption of Human Teeth.
Amer.J.Orthodontics 46, 363 (1960)
- 49.) NANDA, R.S. and T.N. CHAWLA: Growth and development of dentitions in Indian children. I. Development of permanent teeth.
Amer.J.Orthodontics 52, 837 (1966)
- 50.) PRYOR, J.W.: Time of ossification of the bones of the hand of the male and female, and union of epiphyses with the diaphyses.
Amer. J. phys.Anthrop. 8, 401 (1925)
- 51.) PRYOR, J.W.: Die bilaterale Symmetrie bei der Ossifikation.
Amer.J.Anat. 58, 87 (1936)
- 52.) PYLE, I., A. MANN, S. DREIZEN, H. KELLY, I. MACY and T. SPIES: A substitute for skeletal age (TODD) for clinical use: The red graph method.
J.Pediat. 32, 125 (1948)
- 53.) REICHENBACH, E.: Zahn-Mund-Kieferheilkunde in Vorträgen München 1952 (zitiert nach HAUSSER)
- 54.: RÖSE, C.: Über die mittlere Durchbruchszeit der bleibenden Zähne des Menschen.
Dt.Mschr,Zahnhkd. 27, H.8, 553 (1909)
- 55.) SALZMANN, J.A.: General Growth Acceleration and Retardation in Relation to Dentofacial Development.
Amer.J.Orthodontics 40, 243 (1954)

- 56.) SCHMID, F.: Norm und Variationsbreite der Handwurzelkernentwicklung.
Z.Kinderhkd. 65, 646 (1948)
- 57.) SCHMID, F.: Die Handskelettossifikation als Indikator der Entwicklung.
Ergebn.inn.Med.Kinderhkd. N.F.1, 176 (1949)
- 58.) SCHMID, F.: Kriterien zur Beurteilung von Wachstum und Entwicklung.
- 59.) SCHMID, F. und H. MOLL: Atlas der normalen und pathologischen Handskelettentwicklung.
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960
- 60.) SCHOUR, I. and M. MASSLER: The development of the human dentition.
J.Amer.Dental Ass. 28, 1153 (1941)
- 61.) SIEGERT, F.: Atlas der normalen Ossifikation der menschlichen Hand.
Georg Thieme Verlag, Leipzig 1935
- 62.) SKALLOUD, F.: Die Dentition als Zeichen des Entwicklungszustandes von Kindern und ihre Verlässlichkeit
Dt.Zahn-Mund-Kieferhkd. 1, 137 (1934)
- 63.) SPIER, L.: The growth of boys: dentition and stature.
Amer.Anthrop. 20, 37 (1918)
- 64.) STETTNER, E.: Ossifikationsstudien am Handskelett I,
z.Kinderhkd. 51, 435 (1931)
- 65.) STONES, H.H., F.E. LAWTON, E.R. BRANSBY and H.O. HARTLEY: Time of eruption of permanent teeth and time of shedding of deciduous teeth.
Brit.Dent.J. 90, 1 (1951)
- 66.) SUTOW, W.W.: Skeletal Maturation in Healthy Japanese Children, 6 to 19 years of age - Comparison with Skeletal Maturation in American Children
Hiroshima J.of Medical Science 2, 181 (1953)

- 67.) SUTOW, W.W., T. TERASAKI and K. OHWADA: Comparison of skeletal maturation with dental status in Japanese children.
Pediatrics 14, 327 (1954)
- 68.) TODD, T.W.: Atlas of Skeletal Maturation
St.Louis, 1937, C.V. Mosby Co.
- 69.) VLASIK, J.A.: Die Beziehungen der Karpalknochenossifikation zur Körpergröße, zum Körpergewicht und zur Dentition.
Biologa (bratislava) 10, 333 (1955)
- 70.) WAGNER, R. and M. COHEN: Skeletal maturation and dental development.
Amer.J.Dis.Child 96, 593 (1958)
- 71.) WELCKER, H.: Arch.Anthropol. 114, (1886) (zitiert nach GÖDENY)
- 72.) WUORINEN, T.A.: Beitrag zur Kenntnis des Zahnwechsels bei den Finnen. I. Die Dauer des äußerlich wahrnehmbaren Durchbruchs der bleibenden Zähne mit Ausnahme des dritten Molaren.
Helsinki 1926

Es sei mir an dieser Stelle gestattet,
Frau Priv.Doiz.Dr. A.Fleischer-Peters für
die freundliche Überlassung des Themas,
die stets bereitwillig gewährte Beratung,
für die Durchsicht des Manuskriptes und
die Übernahme des Referates zu danken.

Herrn Professor Dr.Dr.med. H.Paschke
danke ich für die Übernahme des Korrefe-
rates.

L e b e n s l a u f =====

Am 7.5.1939 wurde ich, Barbara Weerda geb.Wissel, als viertes Kind des Wirtschaftsprüfers Peter Wissel und seiner Ehefrau Hanna, geb.Panning in Berlin geboren. Von 1945 bis 1949 besuchte ich die Volksschule in Altenbrak/Harz, von 1950 bis 1952 das Anna-Schmidt-Realgymnasium, von 1952 bis 1957 das Herder-Realgymnasium in Frankfurt a.Main. Die Reifeprüfung legte ich im Juni 1959 am Realgymnasium Schloß Schwarzenberg in Scheinfeld/Mfr. ab. Nachdem ich Anfang 1960 die Auslandskorrespondentenprüfung in Frankfurt a.Main bestanden hatte, arbeitete ich bis zum Herbst 1960 an dem amerikanischen Generalkonsulat in Frankfurt/Main und begann im Wintersemester 1960/61 an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität mit dem Studium der Zahnmedizin. 1962 setzte ich das Studium an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg fort, dort bestand ich im November 1963 das Physikum und im Juli 1966 das Staatsexamen. Nach dem Staatsexamen arbeitete ich zeitweise als Assistentin in der freien Praxis, im Augenblick bin ich nicht berufstätig.

